様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　６ 年　 ６ 月 １５ 日現在

機関番号：３２６４３
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2020～2023
課題番号：２０Ｋ１１４０６

研究課題名（和文）微弱電流刺激はヒトの伸張性収縮後の筋疲労回復を促進するか？

研究課題名（英文）Does Microcurrent Electorical Neuromuscler Stimulation Improve Muscle Function after Eccentric Contraction-induced Muscle Damage in Human Skeletal Muscle

研究代表者

廣重　陽介（Hiroshige, Yosuke）

帝京大学・公私立大学の部局等・講師

研究者番号：１０８０３６９５

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,300,000円

研究成果の概要（和文）：　本研究では，ヒトの筋を対象に伸張性収縮（を含む高強度運動）後の微弱電流刺激（MENS）が筋疲労回復を促進するか否かを明らかにすることを目的とした．単一関節および実践的トレーニングによる高強度運動のに2つの運動課題にて運動課題後に起こる筋の張力低下に対し，MENS処置が回復促進するか否かを検討した．その結果，MENS処置を施した群は通電しない群と比較し，張力低下および遅発性筋痛の回復を促進することが明らかとなった．高強度運動後における筋機能低下からのリカバリー手段のエビデンスが不足する中，本研究結果は，MENS処置がリカバリー手段として活用可能であることが示唆された．

研究成果の学術的意義や社会的意義
MENSの通電機器は，携帯可能なもの，値段が安価なもの，使用に特別な資格が不要なものも多い．そのため，時間，場所，人を選ばすに通電可能であるという，高い実用性と汎用性を有する．
MENSの通電により，筋機能，DOMSの回復促進が示されたことは，アスリートに対しては，素早い筋機能回復と傷害予防のために活用できる．一般の人については，ECCトレーニングは筋力増強のみならず，様々な疾病予防効果を有するため，運動後のMENSの実施は，DOMSや筋疲労を軽減させ，トレーニングの習慣化に貢献しうる．このように，多くの運動愛好家に対して生活の質を高め，医療経済面においても有用となるMENSの活用が可能となる．

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to determine whether or not microcurrent electrical neuromuscular stimulation (MENS) after high-intensity exercise (including eccentric contractions (ECC)) promotes recovery from muscle fatigue in human muscle. We examined whether or not MENS treatment promotes recovery from muscle tensile weakness that occurs after two high-intensity exercise tasks: single-joint maximal volantary ECC exercise and high-intensity exercise with practical training. The results showed that the MENS treatment accelerated the recovery of muscle tensile weakness and delayed onset muscle soreness in the MENS group compared to the placebo group. The results of this study suggested that the MENS treatment can be used as a means of recovery from muscle dysfunction after high-intensity exercise, despite the lack of evidence for such recovery methods.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：微弱電流刺激　高強度運動　リカバリー　張力低下　遅発性筋痛

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様　式　C－１９、F－１９－１（共通）

１．研究開始当初の背景

筋の収縮様式のひとつである伸張性収縮（ECC）は，筋が伸ばされながら収縮する．ECC は，筋が短くなりながら収縮する短縮性収縮と比較して，⑴エネルギーコストが低いこと，⑵高い張力発揮が可能であること，など多くのメリットを有する．このメリットを活かし，競技スポーツ，リハビリテーション，傷害予防など多くの場面で活用されている．

一方で，ECC は筋損傷が起こりやすく，その結果，⑴長期にわたる張力低下が継続し，回復に時間を要すること，⑵遅発性筋痛（DOMS）が発生しやすいこと，⑶筋の硬さの増加や腫脹が出現しやすいこと，などのデメリットも併せて持っており，しばしば悩みの種となる．例えば，ECC による運動後の長期にわたる張力低下は，高強度トレーニングを繰り返し行う競技アスリートにとって，トレーニング効率を低下させてしまう重要な問題となりえる．

したがって，ECC を含めた高強度運動の結果起こる，長期にわたる張力低下からの回復促進を図るための介入方法について，長年にわたり多くの議論がされてきた．その介入方法について，栄養的な介入，物理療法による介入，エクササイズによる介入など多くの研究がおこなわれてきたが，効果的である，もしくはメカニズムが示されているものは少ないのが現状である．

微弱電流刺激（MENS）は，医療・スポーツ現場で活用されている物理療法のひとつで，感覚閾値以下の微細な電流を生体に通電するものである．生体への影響については，ミトコンドリア数の増加，アデノシン三リン酸賛成能力向上，アミノ酸輸送の効率化，損傷筋衛星細胞の活性化や萎縮筋の再生促進効果が明らかとなっている．これらの知見や経験則を基に，運動後の張力回復を目的としたリカバリーに用いられることも多い．しかしながら，MENS 処置が，ECC を含む高強度運動に起因した筋機能低下の回復を促進するかについてのエビデンスは不足している．

２．研究の目的

本研究の目的は，「MENS 処置が，ECC を含む高強度運動に起因した筋機能低下の回復を促進するか」について明らかにすること俊，以下の 2 つの課題を設定した．

1）ヒトの単関節 ECC 運動の結果として生じた張力低下，DOMS にたいして，MENS がこれらの回復促進に寄与するか否かを明らかにすること（実験 1）．

2)実験 1 の実践的な場面における検証として，競技スポーツのトレーニング場面で用いられる，高強度トレーニング後に発生する筋機能低下や DOMS に対して，MENS が回復促進に寄与するか否かを明らかにすること（実験 2）．

３．研究の方法

（実験 1）健康な成人男性 15 名を対象とし，MENS を通電する群，通電しない placebo 群に分けた．最初に対象全員に対しベースラインの測定（pre）を行った．測定項目は，肘屈筋の等尺性最大張力，Tensiomyography を用いた筋収縮特性，自覚的な筋痛，筋硬度，血清クレアチンキナーゼ・乳酸脱水素酵素活性，肘関節可動域，上腕周囲径とした．その後，肘屈筋に対し，最大収縮による ECC を 50 回，120°/秒で肘屈曲 120°から 0°にわたり負荷した．ECC を負荷した後，pre と同様，ECC 直後，負荷後 1 日，3 日，6 日において pre と同様の測定を行った．MENS による介入は，MENS 群に対してのみ 1 日 20 分，ECC 直後から負荷後 6 日まで 7 回通電した．

（実験 2）大学生男性陸上競技短距離選手 9 名を対象とした．事前に測定に関する説明と測定の練習を行った後に，1 週目にベースライン（pre）の測定を行った．測定項目は，膝屈筋における等尺性および伸張性最大張力，実験 1 と同じく，筋収縮特性，筋の自覚的な筋痛，加えて，柔軟性，Counter movement jump による跳躍高とした．pre の測定から 5 日間の休息を経て，対象を実験 1 と同様に MENS 群と placebo 群に分けた．2 週目には対象全員に 3 日間，計 3 回のワークアウトを実施した．ワークアウト内容は，1 日目と 3 日目に 40m 全力スプリントを 10 本，2 日目に 4 種目のレジスタンストレーニング（スクワット，片脚レッグカール，両脚/片脚ルーマニアンデッドリフト）を 80%1RM で 8 回 5 セット行った．3 回のワークアウトの後，pre と同様，ワークアウト直後，終了後 1 日，2 日において pre と同様の測定を行った．MENS による介入は，MENS 群に対してのみ 1 日 20 分，ワークアウト期間・回復期間の計 5 日間行った．その後，2 週間の積極的な運動を控えた休息期を経て，5 週目には 2 週目に MENS 群だった対象は placebo 群，placebo 群だった対象は MENS 群とし，2 週目と同じトレーニング，測定，MENS 通電を行った（図 1）

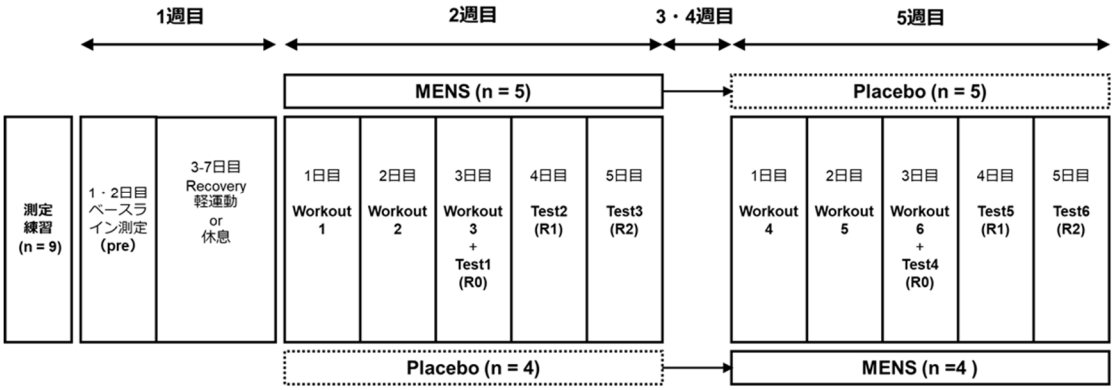

図 1　測定プロトコル（実験 2）

４．研究成果

（実験 1）肘屈筋の最大等尺性張力（MVC トルク）の推移について，MENS の処置と回復期間に交互作用が認められた．ECC 負荷後 1 日以降，MENS 群と placebo 群の張力に差がみられ，MENS により負荷後 1 日以降の張力回復が促進されたことが示された．また，MENS 群でのみ ECC 負荷後 6 日で pre 水準まで張力が回復した（図 2）．肘屈筋の DOMS の推移について，MENS の処置と回復期間に交互作用が認められた．ECC 負荷後 6 日で，MENS 群と placebo 群の痛みの程度に差がみられ，MENS により負荷後 6 日の DOMS 回復が促進されたことが示された．また，MENS 群でのみ ECC 負荷後 6 日で pre 水準まで DOMS が回復した（図 3）．

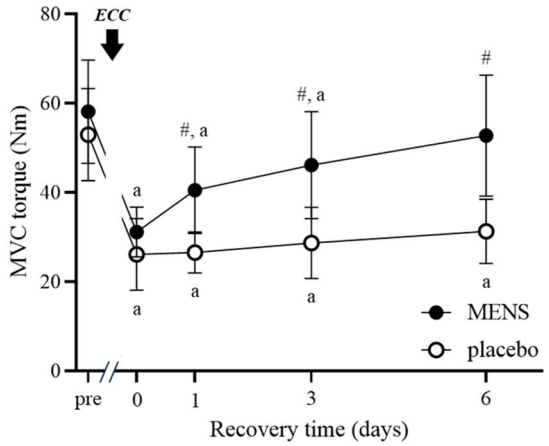

図 2　肘屈筋最大等尺性張力（MVC トルク）の推移（実験 1）

#P < 0.05, vs. placebo in the match condition, aP < 0.05, vs. pre within subjects.

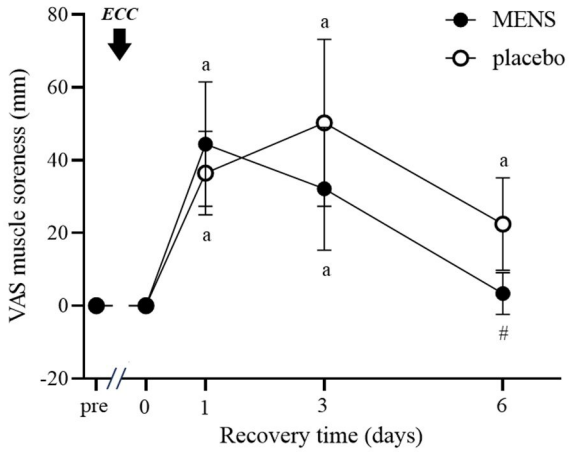

図 3　肘屈筋遅発性筋痛の推移（実験 1）

#P < 0.05, vs. placebo in the match condition, aP < 0.05, vs. pre within subjects.

（実験 2）大腿屈筋における等尺性および伸張性最大張力について，MENS の処置と回復期間に交互作用が認められた．等尺性，伸張性最大張力ともに，3 回のワークアウト終了直後以降，MENS 群と placebo 群の張力に差がみられ，MENS によりワークアウト終了直後以降の張力回復が促進されたことが示された（図 4）．また，伸張性最大張力については，MENS 群のみワークアウト終了後 2 日で pre 水準まで張力が回復した（図 4B）．大腿屈筋の DOMS の推移について，MENS の処置と回復期間に交互作用が認められた．3 回のワークアウト終了直後以降，MENS 群と placebo 群の DOMS に差がみられ，MENS によりワークアウト終了直後以降の張力回復が促進されたことが示された．また，MENS 群でのみワークアウト終了後 2 日で pre 水準まで DOMS が軽減した（図 5）．次に，大腿二頭筋の収縮速度の推移について，MENS の処置と回復期間に交互作用が認められた．3 回のワークアウト終了直後以降，MENS 群と placebo 群の収縮速度に差がみられ，MENS によりワークアウト終了直後以降の収縮速度の回復が促進されたことが示された．また，MENS 群でのみワークアウト終了後 2 日で pre 水準まで収縮速度が回復した（図 6）．

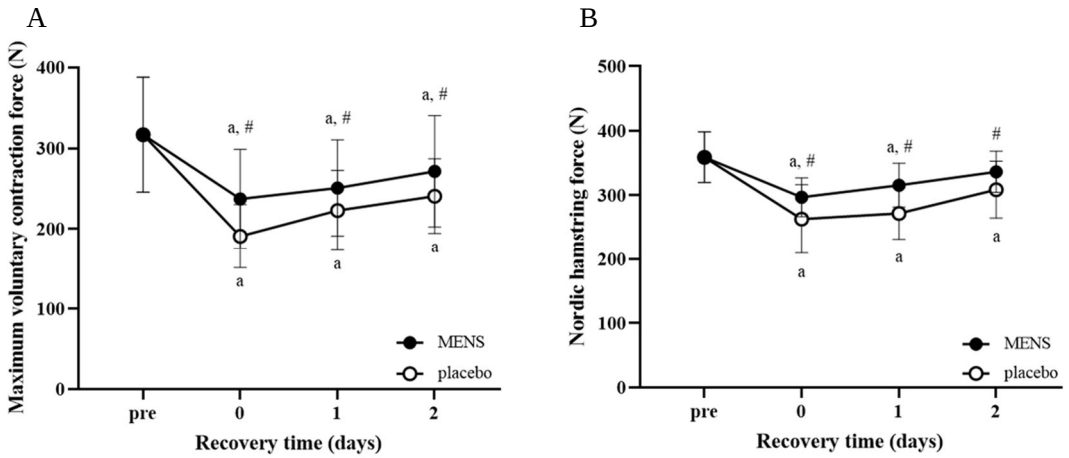

図 4　膝屈筋最大張力の推移（実験 2）

A：等尺性最大張力，B：伸張性最大張力

#P < 0.05, vs. placebo in the match condition, aP < 0.05, vs. pre within subjects.

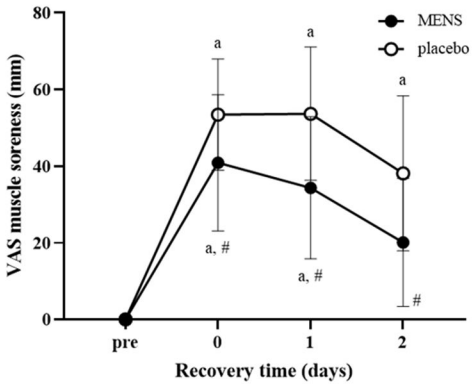

図 5　膝屈筋遅発性筋痛の推移（実験 2）

#P < 0.05, vs. placebo in the match condition, aP < 0.05, vs. pre within subjects.

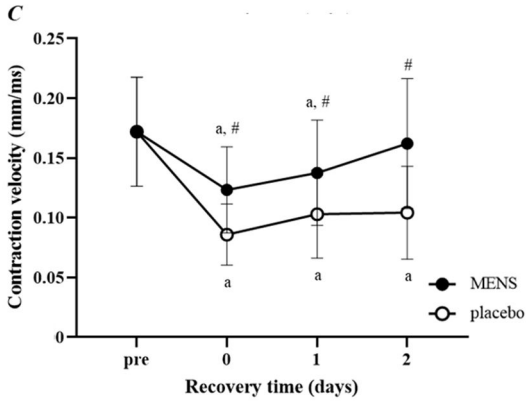

図 6　大腿二頭筋収縮速度の推移（実験 2）

#P < 0.05, vs. placebo in the match condition, aP < 0.05, vs. pre within subjects.

以上の結果から，1 回 20 分間の MENS **は，**ECC **後に起こる筋機能低下，**DOMS **の回復を促進する効果を持つことが示された．また，この効果は実践的なトレーニング（スプリントトレーニングやレジスタンストレーニング）においても確認された．したがって，**MENS **はアスリートの身体パフォーマンスを高める上での，一般の人では運動を習慣化する上での一助となりえることが示唆された．**

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計5件（うち査読付論文　2件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　0件）

１．著者名 廣重陽介	４．巻 55巻1号
２．論文標題 アスリートに有効な物理療法	５．発行年 2021年
３．雑誌名 月刊陸上競技	６．最初と最後の頁 136-137
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 廣重陽介	４．巻 55巻5号
２．論文標題 傷害予防のためのトレーニングの管理とトレーニングによる疲労度のチェック	５．発行年 2021年
３．雑誌名 月刊陸上競技	６．最初と最後の頁 164-165
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 HIROSHIGE Yosuke, YAMAGUCHI Ryusei, IRIGUCHI Kai, SAKIMURA Naruki, GOTO Keita, EBATO Tomoki, WATANABE Daiki	４．巻 63
２．論文標題 Knee flexor muscle fatigue during repeated Nordic hamstring exercise	５．発行年 2023年
３．雑誌名 The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness	６．最初と最後の頁 1084-1092
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.23736/s0022-4707.23.14896-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 廣重陽介，加藤基	４．巻 40巻11号
２．論文標題 ランニング障害の臨床 ハムストリング肉ばなれ	５．発行年 2023年
３．雑誌名 臨床スポーツ医学	６．最初と最後の頁 1148-1155
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 廣重陽介，加藤基，山口龍星，江波戸智希，國友亮佑，梶谷亮輔，品田直宏，和田正信	４．巻 36号1巻
２．論文標題 陸上競技短距離選手における3日間の高強度トレーニング後の筋疲労と回復過程の評価	５．発行年 2024年
３．雑誌名 トレーニング科学	６．最初と最後の頁 37-49
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

〔学会発表〕　計7件（うち招待講演　0件／うち国際学会　2件）

１．発表者名 廣重陽介，山口龍星，江波戸智希，笹原潤
２．発表標題 ノルディックハムストリングエクササイズにおける膝屈曲角度に着目した伸張性張力の推移
３．学会等名 第33回日本臨床スポーツ医学会学術集会
４．発表年 2022年

１．発表者名 山口龍星，廣重陽介，熊井司
２．発表標題 ハムストリング損傷既往がノルディックハムストリングエクササイズにおける張力に及ぼす影響
３．学会等名 NSCAジャパン S&Cカンファレンス2022
４．発表年 2023年

１．発表者名 HIROSHIGE Y, SAWAI A, KAMIKUBO T, YAMAGUCHI R, TANAKA K, WATANABE D, WADA M
２．発表標題 Microcurrent electrical neuromuscular stimulation promotes muscle fatigue and soreness recovery after eccentric contraction: double-blind, randomized controlled trial.
３．学会等名 European College of Sports Science Congress 2021（国際学会）
４．発表年 2021年

１．発表者名
山口龍星，廣重陽介，熊井司

２．発表標題
連続したノルディックハムストリングエクササイズにおける張力の推移

３．学会等名
NSCAジャパン S&Cカンファレンス2021

４．発表年
2021年

１．発表者名
HIROSHIGE Y, YAMAGUCHI R, EBATO T, WATANABE D

２．発表標題
Knee flexor muscle activation and fatigue during repeated nordic hamstring exercises

３．学会等名
World physiotherapy congress 2023（国際学会）

４．発表年
2023年

１．発表者名
山口龍星，廣重陽介，熊井司

２．発表標題
連続したノルディックハムストリングによって仕事量はどのように変化するか？

３．学会等名
NSCAジャパン S&Cカンファレンス2023

４．発表年
2023年

１．発表者名
廣重陽介，加藤基，山口龍星，江波戸智希，國友亮佑，梶谷亮輔，品田直宏

２．発表標題
陸上競技短距離選手の高強度トレーニング後の筋疲労は48時間の休息で回復するか？

３．学会等名
日本陸上競技学会第22回大会

４．発表年
2024年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

―

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	和田　正信 (WADA masanobu) (80220961)	広島大学・人間社会科学研究科（総）・教授 (15401)	
研究分担者	渡邊　大輝 (WATABABE daiki) (30823281)	広島大学・人間社会科学研究科（総）・助教 (15401)	

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関